

Artículo original

UTILIZACIÓN DE LA RASPBERRY PI PARA CONSTRUIR REDES AD HOC

USING RASPBERRY PI TO BUILD AD HOC NETWORKS

Daniel A. GIULIANELLI, Artemisa TRIGUEROS, Pablo CAMMARANO, Pablo M. VERA, Rocío A. RODRIGUEZ

⁽¹⁾ Universidad Nacional de La Matanza. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
{dgiulian, atrigueros, pcammarano, pvera, rocio.rodriguez}@unlam.edu.ar

Resumen:

Las Redes Móviles Ad Hoc (MANET: Mobile Ad hoc NETWORK), son redes de formación espontánea, sin infraestructura fija, formada por nodos inalámbricos móviles. Por su parte la Raspberry Pi, es una computadora de tarjeta única, de alta portabilidad y muy bajo costo. Este trabajo, propone la implementación de Redes Ad Hoc, utilizando una Raspberry Pi como servidor de contenidos y teléfonos móviles como nodos, para su aplicación en el campo educativo, teniendo en cuenta su gran difusión entre los estudiantes y la posibilidad de establecer redes en entornos donde la conexión Wi Fi no se encuentra disponible.

Abstract:

The Mobile Ad Hoc Networks (MANET: Mobile Ad hoc NETWORK), are self made networks, without determined structure, formed by wireless mobile nodes. Raspberry Pi is a single board computer, which has high portability and very low cost. This article propose the implementation of MANET's, using Raspberry Pi as contents server and cellular phones as nodes, in order to apply it in education regarding their huge usage among the students and the possibility of establishing networks in those environments where Wi Fi connection is not available.

Palabras Clave: Redes Ad Hoc, Raspberry Pi, Servidor de Contenidos Educativos

Key Words: Ad Hoc Networks, Raspberry Pi, Educative Contents

I. CONTEXTO

Este trabajo corresponde al proyecto presentado en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológica (DIIT) de la Universidad Nacional de La Matanza. “Raspberry PI como servidor de contenidos para ser consumidos desde dispositivos móviles”, en el marco del programa PROINCE, bajo el código C203. El proyecto es llevado a cabo por el GIDFIS (Grupo de Investigación, Desarrollo y Formación en Innovación de Software), un grupo interdisciplinario con docentes de diversas carreras y además alumnos de grado y posgrado de la Universidad Nacional de La Matanza.

II. INTRODUCCIÓN

La IETF (Internet Engineering Task Force), define a una red móvil ad hoc (MANET Mobile Ad hoc NETWORK) como un sistema autónomo de routers móviles (y sus hosts asociados) conectados por medio de links inalámbricos, cuya unión forma un gráfico arbitrario [1]. Diversos autores las definen de la siguiente forma, agregando en cada definición alguna característica diferente:

“Una red móvil Ad-Hoc o MANET (del inglés Mobile Adhoc Networks) es una colección de nodos inalámbricos móviles que se comunican de manera espontánea y auto organizada constituyendo una red temporal sin la ayuda de ninguna infraestructura preestablecida (como puntos de acceso WiFi o torres de estaciones base celulares con antenas 2G, 3G o 4G) ni administración centralizada”. [2]

Por su parte, [3] la define como: “Las redes MANET están compuestas por un conjunto de nodos móviles inalámbricos, capaces de auto-organizarse dinámicamente utilizando diversas topologías de red. Una de las características más interesantes de este tipo de redes consiste en que no requieren de una infraestructura fija, por lo que cada nodo funciona como encaminador al retransmitir paquetes hasta el nodo destino”.

Para [4] “MANET es la forma abreviada de “Mobile Ad-hoc NETWORKS” y puede definirse como redes en las que todos los dispositivos (nodos) se encuentran en igualdad de condiciones y se conectan para una actividad concreta. Esta igualdad de condiciones significa que no hay elementos que tengan funcionalidades específicas, como enrutadores (routers) o destinos finales. De este modo, todos pueden ser routers, origen y destino de las comunicaciones. En este tipo de redes, cada dispositivo

debe ser capaz de conocer automáticamente cuál es el camino para llegar al destino final.”

A través de las definiciones se puede concluir que una red Móvil Ad Hoc debe contar con las siguientes características:

- Conjunto de nodos inalámbricos móviles.
- Los nodos forman una red espontánea.
- Red que no posee infraestructura fija
- Cada nodo funciona como router hasta el destino final.
- La comunicación puede recorrer varios nodos (multisalto).

III. MARCO TEÓRICO

Según [5], “la retransmisión multi-salto tiene sus orígenes en el año 500 antes de Cristo. Darío I (522-486 aC), rey de Persia, ideó un sistema de comunicación revolucionario que se usaba para enviar mensajes y noticias desde su capital a las provincias remotas de su imperio. Consistía en un sistema de rutas en las que hombres colocados estratégicamente en estructuras altas podían comunicarse mediante voz e ir transmitiendo el mensaje salto a salto. Este método era 25 veces más rápido que un mensajero de la época.” En 1970, Norman Abramson [4] y su grupo de investigación, inventaron AlohaNet (Aerial Location of Hazardous Atmospheres), para las distintas sedes de la Universidad de Hawaii, que se hallaban establecidas en distintas islas. Este proyecto consiguió acceso múltiple (varios nodos) a un único canal compartido. [6] divide la evolución de las redes MANET en Generaciones: La Primera Generación de Redes Ad Hoc comienza en 1972 con el proyecto Packet Radio Networks o PRNET [7] desarrollado por el Departamento de Defensa de EEUU para proveer comunicación confiable entre computadoras para aplicaciones militares. La Segunda Generación (1980) incorporó las redes SURAN (Survivable Adaptive Radio Network) evolucionando para soportar una red en el campo de batalla, sin infraestructura y en terreno hostil. La Tercera Generación (1990), agregó a las aplicaciones militares las aplicaciones comerciales en general, acompañando a la miniaturización de las computadoras y dispositivos móviles. En esta generación IETF creó el grupo de trabajo MANET, encargado de la estandarización de protocolos en las redes ad-hoc inalámbricas, y se popularizaron Bluetooth, y los sensores móviles ad hoc. A continuación se describen las características de las redes adhoc.

- **Modo de operación de Redes Ad Hoc:** Se basa en la estructura TCP/IP para transmitir dentro de un entorno multipunto utilizando el modo Peer to Peer entre nodos. [8]. El nodo que desea transmitir “inunda” de mensajes a los nodos vecinos que se encuentran dentro de su zona de cobertura. Si en dicha zona no está el nodo destino, los nodos vecinos inundarán su propia área de cobertura. Este proceso se repetirá hasta que se llegue al nodo destino.
- **Tipos de protocolos para ruteo en redes Ad Hoc:** Existen tres tipos de protocolos [4], [6] utilizados en redes Ad Hoc:
 - Proactivos: Son los protocolos más similares a aquellos utilizados en las redes cableadas. Ellos mantienen los nodos de la red listos para poner en su ruta a los paquetes por medio de tablas de ruteo. Esta tabla se actualiza regularmente mediante el intercambio periódico de mensajes para actualizar sus tablas de rutas con información entre nodos vecinos para poder mantener la información de ruteo para todos los nodos de la red.
 - Reactivos: Estos protocolos, que trabajan bajo demanda, se basan en la actualización de las rutas solamente cuando sean necesarias, por medio de la técnica de “flooding” (inundación). Este tipo de protocolo, al no hacer constantes actualizaciones de las rutas, como los proactivos, utiliza mejor los recursos de la red y del ancho de banda, disminuyendo la sobrecarga de la red. Sin embargo, tiene como desventaja que se tarde más en establecer la comunicación, ya que el descubrimiento de la ruta para llegar al nuevo nodo, se hace en el momento que se necesita. Estos protocolos contribuyen a la movilidad de la red y al ahorro de batería
 - Híbridos: Los protocolos híbridos, funcionan como una mezcla de los protocolos proactivos y los reactivos. En forma local utilizan protocolos proactivos y para comunicarse con grupos alejados, utilizan protocolos reactivos para descubrir la ruta hacia ellos.
- **Aplicaciones de las Redes Ad Hoc:** Las redes Ad Hoc pueden emplearse en gran cantidad de situaciones:
 - Entornos civiles: Reuniones y congresos, Museos, Aeropuertos, Estadios de deportes
 - Redes VANET. (Vehicular Ad hoc Networks)
 - Comunicaciones Intervehiculares: “Las redes vehiculares se consideran una especialización de las Redes Móviles Ad hoc (MANET, Mobile Ad hoc Networks) y su principal diferencia es que los nodos están restringidos a moverse únicamente a lo largo y ancho de las vías.” [9]. Sus principales características son: Topología altamente dinámica, Canales variables en tiempo y frecuencia, Autonomía, Suministro de energía ilimitado, Alta capacidad computacional
 - Las aplicaciones vehiculares son: Aplicaciones en seguridad vial, Prevención de colisiones (Collision Avoidance), Notificación de señales de tránsito (RSN, Road Sign Notification), Gestión de incidentes (Incident Management) [9]
 - Entornos militares: Vehículos, Soldados
 - Operaciones de Emergencia en Desastres naturales: Operaciones de búsqueda y rescate, Incendios , Áreas remotas
 - Redes de área personal (PAN’s): Teléfono móvil, Computadora portátil, Reloj, Ear pone.
 - WSN: Redes de sensores inalámbricos: Un caso especial de las redes MANET son las redes de sensores inalámbricas o WSN (Wireless Sensor Networks), que están formadas por nodos capaces de monitorizar el medio ambiente y de comunicarse vía inalámbrica. [3]
 - Educación.

IV. RESULTADOS Y OBJETIVOS

El presente trabajo se avocó a investigar las aplicaciones a Educación. Numerosos autores abordaron este tema, coincidiendo con las distintas posibles aplicaciones de redes Ad Hoc a educación. Dada la difusión de los dispositivos móviles como teléfonos celulares, Tablets, etc. entre la población universitaria, las conexiones de redes ad hoc pueden resultar muy beneficiosas para elaborar y compartir trabajos dentro del desarrollo de las materias, en ambientes donde no se encuentre disponible el servicio de WiFi. [10], menciona las siguientes funcionalidades proporcionadas por las redes Ad Hoc, que se integran unas con otras envolviendo al estudiante en una comunidad universitaria ofreciéndole actividades educativas en cualquier momento y lugar. Estas son:

- Fomentar la cooperación e interactividad entre estudiantes y/o profesores tanto dentro como fuera de la clase.
- Apoyar las prácticas de los alumnos, favoreciendo la creación de grupos de estudio.
- Crear foros de discusión, publicación de apuntes, formulación y resolución de preguntas al docente o a los demás integrantes.
- Proveer a los alumnos con un sistema de información/distribución realizado para ítems de interés.
- Permitir a los alumnos el acceso a las instalaciones del campus.
- Crear aulas virtuales colaborativas para grupos de estudio o prácticas profesionales.
- Establecer redes para realizar trabajos prácticos en ubicaciones sin acceso a Internet.

Las redes Ad Hoc se despliegan a demanda como se menciona en los siguientes ejemplos:

Cuando comienza una clase, puede activarse la MANET y realizar experiencias de laboratorio, descargar material de internet relacionado con los temas de la clase. Al crear una clase virtual equipada con los dispositivos de los alumnos, el material puede quedar almacenado en el propio dispositivo, sin tener que conectarse a la red del campus.

Los docentes y los estudiantes pueden publicar sus preguntas en la red y el profesor y/o los otros alumnos pueden responderlas, siempre con supervisión docente.

Asimismo los profesores pueden publicar cuestionarios, contenido, imágenes, presentaciones, etc. utilizadas durante las clases. Los alumnos pueden agregar notas a esos contenidos e imágenes, en vez de copiar del pizarrón.

La inclusión de redes Ad hoc, es particularmente interesante cuando la clase se realiza fuera de la universidad, como puede ser una visita a un museo o lugar turístico, una fábrica, una excursión de recolección de material de campo, visitas a establecimientos campestres para veterinaria o agronomía, a hospitales para medicina, etc. [10].

Por su parte [11] agrega las siguientes aplicaciones: “la creación de foros de discusión, publicación de apuntes, formulación y resolución de preguntas –al docente o a los demás integrantes–, son algunos de los usos que se pueden dar a la infinidad de aulas virtuales de diversos temas que pueden ser creadas. Es importante resaltar que

no siempre se requiere estar presente en el campus o contar con la supervisión de un docente, las aulas virtuales se pueden conformar con fines de colaboración, como en grupos de estudio o en prácticas profesionales. En las áreas de la salud o ingeniería, que desarrollan sus clases en escenarios alejados del campus y del acceso a Internet, aspectos cruciales como el registro de hallazgos, la formación de grupos de discusión o el compartir información, pueden ser apoyados por las MANET educativas.” Mientras que en el artículo [12] se agrega, generar salas de conferencias virtuales.

Expandir señales inalámbricas en campus universitarios mediante la expansión del área de cobertura de WLAN por medio de la comunicación con una red Ad-Hoc que se expande y moviliza según el deseo del usuario, sin necesidad de instalar nuevos, pues sólo basta con asegurar el enlace permanente entre la MANET y la WLAN, por medio de los nodos que va creando la red Ad-Hoc. Así, la red universitaria podrá aumentar considerablemente su rango mediante la cooperación y conexión masiva de dispositivos móviles. [4], [13] proponen la creación de una red entre terminales para “compartir documentos, imágenes, artículos, diapositivas y hasta aplicaciones, y de esta forma facilitar la adquisición de recursos a estudiantes y docentes, sin la necesidad de conectarse a Internet, puesto que se hará uso de la información suministrada por los terminales involucrados en la red. A medida que algún estudiante o docente va necesitando servicios educativos, éstos se van creando o solicitando a otros usuarios, haciendo que este tipo de redes tengan la característica de ser multipropósito.”. Una aplicación interesante de redes Ad Hoc, es la mencionada por [14]. En este trabajo de investigación, se introducen los tags electrónicos (flash cards, o tarjetas de preguntas rápidas), como elemento educativo/lúdico/ interactivo, que sirve para preparar exámenes, repaso de temas, chequeo de comprensión de temas por parte de los docentes, etc. La red Ad Hoc se conforma por conexión Bluetooth entre los dispositivos móviles del grupo que va a participar de la actividad. Todos los alumnos participantes deben ingresar a una aplicación compartida que asigna el rol de “preguntador” o de “respondedor”. El tipo de pregunta puede ser de distinto tipo: definiciones, completar el concepto, calcular un resultado, etc. y pueden surgir debates dentro del grupo, sobre si la respuesta dada fue correcta o no, enriqueciendo el proceso el aprendizaje colaborativo. El docente controla todo el proceso y al terminar puede reforzar aquellos temas que los alumnos demostraron dominar poco durante el juego.

También se destacan las aplicaciones educativas con Redes Ad Hoc para poblaciones rurales sin conexión Wi Fi: Dentro de esta modalidad, [15] propone utilizar redes Ad Hoc para utilizar como mensajería instantánea entre docentes y administrativos, así como información de los cursos, calificaciones, etc. Por su parte [16] destaca la creación de kioscos con material educativo para comunidades rurales sin instituciones educativas. Por medio de redes Ad Hoc, los estudiantes pueden acceder al material almacenado en el kiosco que será actualizado periódicamente por medio de un MAP (Mobile Access Point), que es un vehículo con Low Cost Wi Fi y un punto de acceso montado, que crea una red Ad Hoc con los kioscos y recibe los nuevos contenidos educativos que el vehículo recibe desde la central.

V. DESARROLLO

La Raspberry Pi (RPi) así como otras SBC (Single Board Computer), se han hecho muy populares por su alta portabilidad y bajo costo. A fin de poder ejemplificar lo pequeña que es la RPi, en la figura 1 se muestra la RPi3 con una pantalla táctil integrada donde puede apreciarse que tiene menos de 10 cm de longitud. Por estas características ha sido utilizada para realizar aplicaciones en diversas áreas.

La RPi3[17] tiene cuatro puertos USB, en cuanto a conectividad cuenta con Ethernet (es decir la posibilidad de conectar un cable de red), WIFI y Bluetooth integrado. Cuenta con un procesador de 64 bits y cuatro núcleos y posee un 1 GB de memoria RAM.



Figura 1. Raspberry Pi 3 con pantalla integrada

A continuación se presentan las ventajas de utilizar la Raspberry Pi como servidor de contenidos en una red ad hoc y posibles aplicaciones en el ámbito universitario.

VI. RASPBERRY PI COMO SERVIDOR DE CONTENIDOS EN REDES AD HOC

Las ventajas de realizar soluciones utilizando la Raspberry Pi como punto de acceso, con clientes móviles, son:

- Portabilidad de la solución
- Los clientes de la red pueden utilizar sus dispositivos móviles sin requerir hardware particular.
- La solución a generar podrá ser utilizada en ámbitos donde no se cuenta con conectividad internet ni infraestructura de red Wi Fi.
- Implantar la solución en una nueva RPi implicará tan sólo copiar la imagen de la tarjeta de memoria, lo cual ya permite tener el software instalado con toda la configuración necesaria.

Una aplicación que resulta de interés, es utilizar la RPi como servidor de contenidos, lo que permite dar acceso a una gran cantidad de dispositivos que tengan posibilidad de contar con wifi como ser: Notebooks, Teléfonos Celulares, Tablets, Lectores de Libro, etc. Esto es posible incluso en lugares que no se cuente con conexión a internet, utilizando una red wifi generada desde la propia RPi. El uso de este dispositivo permite tener una solución de bajo costo ya que no se necesita hardware para crear la infraestructura de red ni una computadora que oficie de servidor. La innovación se encuentra centrada en la posibilidad de utilización en lugares sin conectividad, incluyendo zonas rurales y la posibilidad del fácil acceso y utilización de los recursos. La configuración para poder generar un servidor de contenidos y la monitorización de usuarios fue presentado previamente por el equipo de trabajo en el artículo[18] habiéndose presentado previamente el proyecto de forma más genérica [19].

La RPi tiene un amplio campo de aplicación pudiendo ser utilizada con beneficios de costo, portabilidad y simplicidad en distintas áreas. “Desde una perspectiva colaborativa, inclusiva e intercultural este tipo de tecnologías de bajo coste pueden ser una alternativa para eliminar barreras de acceso a las TIC en hogares y colegios con bajo nivel socioeconómico... Así pues, las propuestas no sólo deben ir encaminadas hacia la dotación de equipamiento tecnológico desde el punto de vista de hardware, sino enfocadas hacia el diseño, desarrollo e instalación de software libre en los equipos para el abordaje de las diferentes materias didácticas en el aula” [20].

Tomando como punto de partida la educación y poniendo el foco en la Universidad, se implementan soluciones con la Raspberry Pi, basadas en la utilización de la misma como un servidor de contenidos. Se realizaron pruebas de uso en la cátedra Fundamentos de TICs (que se dicta en las carreras de Ingeniería) en la Universidad Nacional de La Matanza. La experiencia fue realizada en los cursos de las tres franjas horarias. Dando muy buenos resultados en cuanto a participación de los alumnos, que son nativos digitales y se ven atraídos por las soluciones tecnológicas que presentan recursos complementarios en la cursada.

VII. CONCLUSIONES

Las redes Ad Hoc, se destacan por su performance en entornos donde la comunicación se complica debido a la falta de redes preexistentes. Esto incluye ambientes donde hay conectividad pero la misma puede ser deficiente, tener poca señal ó no ser una señal estable. Dentro de sus aplicaciones, se destaca la educación, ya que permite la interconexión, intercambio de saberes, trabajos colaborativos, comprobaciones, etc., en cualquier entorno. Por su parte, la Raspberry Pi, debido a su tamaño, prestaciones y bajo costo, se revela como una opción significativa a la hora de implementar una red Ad Hoc educativa. En este artículo se presentó el uso de la Raspberry Pi como servidor de contenidos para desplegar contenidos que puedan ser accesibles desde diversos dispositivos entre ellos teléfonos celulares, que es muy común que los alumnos los tengan consigo y los puedan utilizar a favor del proceso enseñanza-aprendizaje.

VIII. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

1. IETF - Mobile Ad-hoc Networks (manet) Charter <https://www.ietf.org/proceedings/55/177.htm> Consultado agosto 2018.
2. Rocabado Sergio M., Montalvetti M. C , Herrera S. I , et al. "Despliegue de MANETs para M-learning en zonas de recursos limitados". Centro de Investigación y Desarrollo en Informática Aplicada (CIDIA), Ftad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta. 2006 <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27096>
3. Atempa Jorge A., Tafoya A., Díaz-Ramírez A., et al. "Desarrollo de Aplicaciones para Redes de Sensores Inalámbricas utilizando TinyOS y nesC" <http://caii.imexicali.edu.mx/download/atempa11desarrollo.pdf>
4. Perez Hueso José M. "Estudios de ingeniería de telecomunicación proyecto fin de carrera protocolos de encaminamiento IP en dispositivos móviles para crear redes MANETs". Universidad de Granada. 2012 http://wpd.ugr.es/~jorgenavarro/thesis/2012_PFC_Jos eManuelPerezHueso.pdf
5. C. Siva Ram Murthy and B. S. Manoj, "Ad Hoc Wireless Networks Architectures and Protocols", quinta edición, ed. Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series, 2004.
6. Sudip Misra, Sumit Goswami. "Network Routing: Fundamentals, Applications, and Emerging Technologies". John Wiley & Sons, May 8, 2017 - 536 páginas. Pag 247.
7. Khan Burhan Ul Islam, Olanrewaju R., Funke O., et al. "A Survey on MANETs: Architecture, Evolution, Applications, Security Issues and Solutions". Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science Vol. 12, No. 2, November 2018. <http://iaescore.com/journals/index.php/ijeecs>
8. Renu Bahuguna, Hardwari lal M., Pranavi T. "Routing Protocols in Mobile Ad-Hoc Network: A Review". Dep. of Information Technology, G.B. Pant University of Agriculture & Technology, Pantnagar. 2013 https://play.google.com/books/reader?id=B0e6BQAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_atb_hover&pg=GBS.PA52
9. Orozco Sarasti Oscar, Llano Ramirez G. "Aplicaciones para redes VANET enfocadas en la sostenibilidad ambiental, una revisión sistemática. "Universidad Militar Nueva Granada. Colombia. 2014. http://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/79567
10. Grew Philip, Pagani E. "Towards a Wireless Architecture for Mobile Ubiquitous E-Learning." Information and Communication Department Universit'a degli Studi di Milano, Italy. <https://pdfs.semanticscholar.org/2af6/933ee418b872fd727ac700947ebbd255b9af.pdf>
11. Bernal María Alejandra , Sneyder Cortés W., Leguizamón M. "MANET: Advantages, challenges and applications for education." Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá-Colombia. 2017. https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/article/view/2764/3352
12. Ghosekar, P., Katkar, G., Ghorpade, "Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges." Computer Department Dhanwate National College Nagpur. India. IJCA, Special Issue on MANETs. 2010. <https://pdfs.semanticscholar.org/c4a3/3a3e1eba0ba7c2c04648375dd02f508fc899.pdf>
13. Köning-Ries Birgitta, Klein Michael. "Information Services to Support E-Learning in Ad-hoc Networks". Institute for Program Structures and Data

- Organization University of Karlsruhe. Karlsruhe, Germany. 2002
<http://fusion.cs.uni-jena.de/fusion/publications/information-services-to-support-e-learning-in-ad-hoc-networks/>
14. Saatz, I., Kienle, "A. Mobile support for ad hoc learning communities." University of Applied Science and Arts Dortmund, Germany. Workshop on Collaborative Technologies for Working and Learning. Cyprus. 2013
<http://ceur-ws.org/Vol-1047/paper10.pdf>
15. Chalmeta, J. "Estudio y análisis de prestaciones de redes móviles Ad Hoc mediante simulaciones NS-2 para validar modelos analíticos." Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones de Barcelona: España. 2009
<https://core.ac.uk/download/pdf/41796152.pdf>
16. Rabbi, F., Arefin, A. "E-learning using wireless ad-hoc network to support people of rural areas." International Conference on Communication Technology. 2006
<https://repository.ubuntunet.net/bitstream/handle/10.20374/142/chaamwen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
17. Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/products>
Consultado noviembre 2018
18. Rodríguez, R. A., Vera, P. M., Giulianelli, D. A., Cammarano, P.: "Implementación con Raspberry PI de un servidor portátil de contenidos." In XXIII Congreso Arg. de Ciencias de la Computación (La Plata, 2017).
19. Giulianelli, D. A., Rodríguez, R. A., Vera, P. M., Fernández, V., Alderete, C.: "Raspberry Pi como servidor portátil de contenidos para ser consumidos desde dispositivos móviles." In XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires). (2017)
20. Olivencia, Juan José Leiva, and Noelia M. Moreno Martínez. "Recursos y estrategias educativas basadas en el uso de hardware de bajo coste y software libre: una perspectiva pedagógica intercultural." Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento 15.1 (2015).

Recibido: 2018-12-03

Aprobado: 2018-12-13

Datos de edición: Vol. 3 - Nro. 2 - Art. 2

Fecha de edición: 2018-12-27

URL: <http://reddi.unlam.edu.ar>